



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO ECONÓMICO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DE
ASTIÑETE SOBRE EL RÍO URUMEA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN SEBASTIÁN (GUIPÚZCOA)

Presentado por

Gironés Cádiz, María del Mar

Para la obtención del

Grado de Ingeniería Civil

Curso: 2018/2019

Fecha: Septiembre 2019

Tutor: Juan José Clemente Tirado

A Jorge,

“Si hay que hundirse, me hundo contigo”

ÍNDICE GENERAL

- ❖ **MEMORIA**
- ❖ **ANEJO 1: CÁLCULOS**
- ❖ **ANEJO 2: PLANOS INFORMATIVOS**
- ❖ **ANEJO 3: PROGRAMAS DE TRABAJO**

MEMORIA

ESTUDIO ECONÓMICO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DE ASTIÑETE SOBRE EL RÍO URUMEA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN SEBASTIÁN (GUIPÚZCOA)

Presentado por

Gironés Cádiz, María del Mar

Para la obtención del

Grado de Ingeniería Civil



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**



Curso: 2018/2019

Fecha: septiembre de 2019

Tutor: Juan José Clemente Tirado

ÍNDICE MEMORIA

PARTE 0: GENERALIDADES	
1. Introducción	2
2. Objeto de estudio	2
3. Objetivos del trabajo	3
PARTE 1: MARCO TEÓRICO	
1. Introducción	4
2. Agentes de la construcción	4
3. Planificación Económica y parámetros	4
4. Ingresos	5
4.1. Ingresos por producción	5
4.2. Ingresos adicionales	5
5. Costes	5
5.1. Costes Directos	5
5.2. Costes Indirectos	6
5.3. Gastos generales de la empresa	7
5.4. Precio Unitario de Coste (PUC)	7
6. Modificaciones contractuales en las obras	7
6.1. Errores de medición	7
6.2. Omisión de partidas	7
6.3. Modificados	7
7. Oferta de licitación y presupuesto	8
7.1. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	8
7.2. Presupuesto Base de Licitación (PBL)	8
7.3. Beneficio Industrial	8
7.4. Coeficiente de adjudicación	9
7.5. Baja	9

PARTE 2: EJECUCIÓN DEL ESTUDIO ECONÓMICO EN FASE DE CONSTRUCCIÓN

1. Introducción	10
2. Descripción	10
2.1. Medición de las obras	10
2.2. Costes	10
2.3. Escenarios APO	11
2.3.1. Escenario Actual	11
2.3.2. Escenario Previsto	11
2.3.3. Escenario Óptimo	11
2.4. Modificaciones en la obra	11
2.4.1. Precios contradictorios	11
2.4.2. Estrategias para mejorar el resultado de la obra	11

PARTE 3: APLICACIÓN PRÁCTICA

1. Introducción	12
2. Antecedentes	12
2.1. Razón de la sustitución del actual puente	12
2.2. Antecedentes administrativos	13
3. Descripción general del proyecto	13
4. Hipótesis	14
4.1. Tipo de contrato	14
4.2. Adjudicación de la obra	15
4.2.1. Resumen del Presupuesto	15
4.3. Plazo de ejecución	16
4.3.1. Penalizaciones	16
4.4. Principio de Pareto	16
4.5. Costes	16
4.5.1. Costes Directos	16
4.5.2. Costes Indirectos	16
4.5.3. Gastos Generales de la Empresa	17
5. Escenarios	17

Estudio económico para la ejecución de las obras de construcción del puente de Astiñete sobre el río Urumea en el término municipal de San Sebastián (Guipúzcoa)

5.1.1.	Plazo de obra	17
5.1.2.	Costes Indirectos	17
5.1.3.	Costes de Ejecución	17
5.1.4.	Mediciones	18
5.1.5.	Omisiones	18
5.1.6.	Modificados	18
5.1.7.	Resultado.....	18
5.1.8.	Valoración del resultado	18
5.2.	Escenario Previsto	20
5.2.1.	Plazo de obra	20
5.2.2.	Costes Indirectos	20
5.2.3.	Costes de Ejecución	20
5.2.4.	Mediciones	20
5.2.5.	Modificados	21
5.2.6.	Resultado.....	2
5.3.	Escenario Óptimo	2
5.3.1.	Plazo de obra	2
5.3.2.	Costes Indirectos	2
5.3.3.	Costes de Ejecución	2
5.3.4.	Mediciones	3
5.3.5.	Modificados	3
5.3.6.	Resultado.....	2
5.3.7.	Valoración del resultado	2
6.	Conclusiones.....	3

PARTE 0: GENERALIDADES

1. Introducción

La presente memoria corresponde al desarrollo de las bases teóricas de un estudio económico y su aplicación práctica al proyecto de construcción del puente de Astiñete sobre el río Urumea en el término municipal de San Sebastián, provincia de Guipúzcoa.

La memoria consta de tres partes. En primer lugar, se expone el marco teórico y los conceptos que envuelven el Estudio Económico y la economía de las obras. En segundo lugar, se profundiza en la metodología a seguir para la realización del Estudio Económico previo al inicio de las obras. Finalmente, en la parte 3 se aplican los conceptos desarrollados en las dos primeras partes en un caso práctico y real, como es la construcción del puente de Astiñete. Dicho proyecto de construcción del que se dispone tiene por objeto la definición y valoración de obras necesarias para la construcción del nuevo puente.



Figura 1: Diseño del puente de Astiñete (Fuente: Proyecto de Construcción)

Un estudio económico consiste en expresar en términos monetarios las determinaciones tomadas en el proyecto de construcción, así como en las fases siguientes, con tal de obtener una previsión de resultados con el menor grado de incertidumbre posible. Dicho estudio se desarrolla dentro del ciclo de vida de un proyecto constructivo y adquiere fines, contenido y nomenclatura distintos según la fase en la que se lleva a cabo.

Existen tres tipos elementales de estudios económicos, sin embargo, las bases y conceptos teóricos aplicados son los mismos tanto para fases de licitación como de construcción.

El estudio económico en fase de licitación lo lleva a cabo la empresa constructora y tiene la finalidad de analizar el proyecto objeto de la licitación y evaluar los costes de la obra que dicha empresa tendría que afrontar en el caso de ser la empresa adjudicada.

El estudio económico previo al inicio de las obras contempla los posibles escenarios que condicionan el avance de la obra. Este estudio permite a la empresa constructora realizar los cambios oportunos en el proyecto para optimizar el resultado final de la obra, teniendo en cuenta los posibles errores, defectos, omisiones etc. Este estudio económico es el que se lleva a cabo en este Trabajo de Fin de Grado y se desarrollará la aplicación económica-constructiva en la parte práctica del trabajo.

Por último, existe un tercer estudio económico en fase de construcción, una vez la obra ya está en marcha, en el cual se analiza la previsión de resultados para un mes determinado, además de los resultados finales, realizando las correspondientes hipótesis y analizando los posibles escenarios, del mismo modo que en el mencionado caso anterior.

2. Objeto de estudio

Desde las primeras construcciones hasta la actualidad se observa que además de las necesarias técnicas constructivas existen perspectivas culturales, económicas y sociales entorno a la Ingeniería Civil. Por ello, resulta innegable la importancia que tienen los aspectos económicos en el ámbito académico y profesional.

La necesidad de elaborar proyectos económico-constructivos viables nos lleva a realizar análisis detallados siguiendo unas pautas teóricas determinadas. La Ingeniería Civil es lo más alejado de la improvisación y sin detallados estudios económicos se dejarían los resultados de las obras en manos de la incertidumbre.

Debido a la permanente búsqueda de la optimización de los recursos, toda decisión constructiva acarrea un proceso de análisis económico detallado ajustado a cada obra. Este proceso al que se enfrenta la empresa constructora es el que se llevará a cabo durante el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado.

3. Objetivos del trabajo

Los objetivos principales de este Trabajo de Fin de Grado son los siguientes:

1. Desarrollar los conceptos y las bases teóricas de la planificación económica de un proyecto de construcción en la fase previa al inicio de las obras, desde el punto de vista de la Empresa Constructora una vez esta ha conseguido la adjudicación.
2. Aplicar las bases teóricas de manera práctica, llevando a cabo un estudio de la previsión de resultados de un proyecto real, en este caso, el proyecto de construcción del puente de Astiñete sobre el río Urumea en San Sebastián. Dichos resultados se valorarán económicamente teniendo en cuenta los diferentes escenarios y la incertidumbre en los costes tratando de simular los procesos a los que la Empresa Constructora se enfrenta. Por ello, esta deberá realizar los cambios oportunos, ajustar los costes y optimizar los procesos de construcción con la finalidad de aumentar el margen de beneficios finales.
3. Mostrar una perspectiva económica y señalar la importancia de este campo en los procesos de construcción y la Ingeniería Civil.

PARTE 1: MARCO TEÓRICO.

1. Introducción.

El objetivo de esta primera parte es explicar los conceptos teóricos aplicados en un Estudio Económico, describiendo las partes y los agentes implicados en el mismo.

Los conceptos teóricos son los mismos para cualquier análisis económico en las diferentes fases del proyecto, sin embargo, se profundizará en el proceso que engloba la realización de un Estudio Económico en fase previa al inicio de las obras, conocido como Planificación Económica, donde la Empresa Constructora analizará la previsión del desarrollo de las obras y el resultado final.

2. Agentes de la construcción

Antes de explicar los términos económicos, se explica someramente los distintos agentes que serán mencionados en este Trabajo.

- El Promotor es cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia las obras.
- El Proyectista es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.
- El Constructor es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato.
- El Director de Obra es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales.

3. Planificación Económica y parámetros

La planificación es la etapa dentro del desarrollo de un proyecto en la que se definen los objetivos que debe lograr la empresa, como también los métodos para abordarlos, incluyendo la utilización de los recursos, además de la estrategia y organización.

La Planificación económica contempla:

- El proyecto adjudicado además de los documentos y anejos que contenga
- Tipos de recursos que se dispondrá
- Cómo se abordará el proyecto, plazos, frentes de trabajo etc.
- Presupuesto disponible
- Organización de los trabajos
- Condiciones externas a considerar
- Resultado económico de la obra y posibilidades de optimización del mismo

Los principales parámetros económicos que intervienen y en los que se basa la planificación económica siguen la siguiente expresión:

$$R = V - C$$

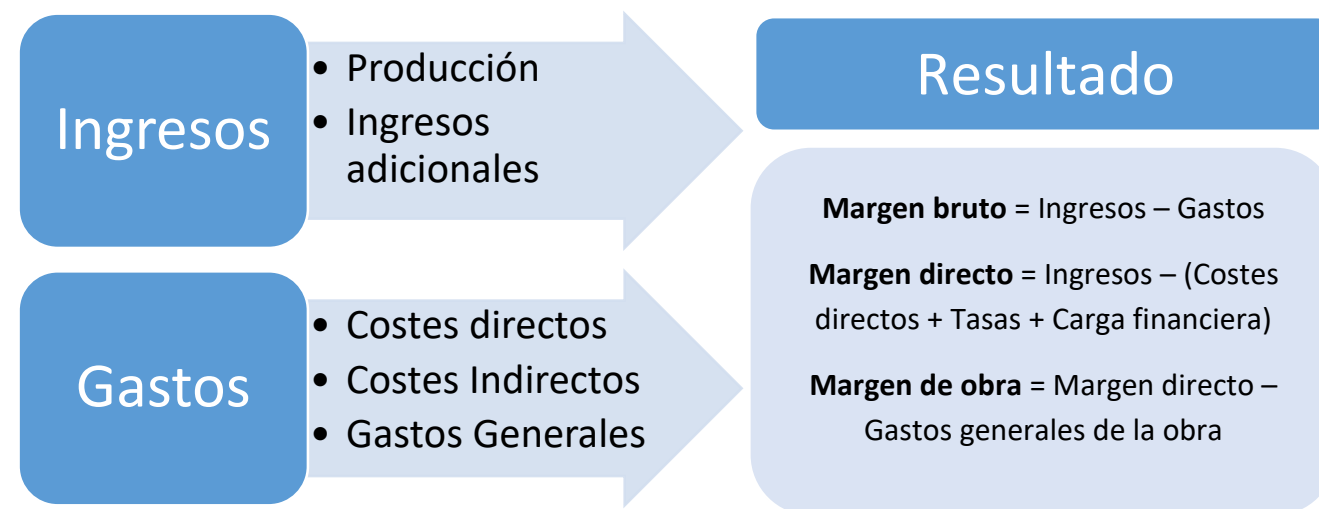
Siendo los parámetros los siguientes:

- Valor de la obra (V)
- Coste de la obra (C)
- Resultado (R)

El valor de la obra (V) es el importe final que percibirá la empresa constructora por los trabajos ejecutados de la misma, una vez haya completado los trabajos y hayan sido recibidos por el promotor, sin IVA.

El coste de la obra (C) es el importe total que la Empresa Constructora abonará por la realización de la obra a todos sus proveedores, subcontratistas, industriales, trabajadores y terceros, así como de las tasas o arbitrios, una vez concluidos los trabajos y liquidado todos los contratos, además de los gastos producidos en el periodo de garantía y los gastos proporcionales o de otro tipo que se produzcan por la estructura de la empresa o por cesiones o prestaciones con el fin de ejecutar la obra, sin IVA.

El resultado de la obra (R) es la diferencia entre los dos parámetros anteriores, valor que corresponde al beneficio de la Empresa Constructora.



4. Ingresos

Como se especifica en el anterior resumen de economía de una obra, los ingresos se dividen entre ingresos de producción e ingresos adicionales.

4.1. Ingresos por producción

Estos ingresos son el importe que la empresa constructora cobrará del promotor por la obra ejecutada en un determinado periodo.

La producción se asocia a un periodo de tiempo, generalmente se separa por meses. La producción final corresponde a la totalidad de la obra, es decir, la cantidad recibida por la empresa constructora al finalizar la obra.

Los ingresos por producción dependen de los siguientes factores:

- Precio ofertado y pactado en el contrato.
- Tipo de contrato de construcción y variará según sea a precio cerrado, precios unitarios etc.
- Variaciones que puedan surgir durante el desarrollo de las obras.
- Revisión de precios y otros acuerdos contractuales como bonificaciones o penalizaciones.

4.2. Ingresos adicionales

Se trata de los ingresos distintos de la producción que una obra puede generar y generalmente son de pequeña cuantía. Estos ingresos suelen ser:

- Pequeñas obras coyunturales realizadas para terceros.
- Ventas de residuos, chatarras o materiales excedentes.
- Alquiler de maquinaria o medios auxiliares a terceros.
- Ventas a terceros (hormigones, áridos etc.)
- Transferencias internas a otras obras de la empresa constructora
- Ingresos financieros

5. Costes

Los costes se dividen en dos grupos, directos e indirectos, con tal de facilitar el control de los resultados parciales. Estos gastos provenientes de la ejecución de las obras del proyecto son estudiados por la empresa constructora.

5.1. Costes Directos

Son aquellos derivados de la ejecución física y material de las diferentes partidas que componen la obra, e imputables individualmente a cada una de ellas.

Los costes directos componen el grupo de gastos más elevado de la obra, generalmente entre el 75% y el 85% del total de la obra. Estos se descomponen en los siguientes subgrupos:

▪ Materiales:

Coste total de la adquisición de todos los materiales consumidos en la obra, adquiridos directamente por la Empresa Constructora, por lo tanto, no se incluyen los materiales aportados por los subcontratistas. Se incluye todos los gastos asociados al suministro de estos a pie de obra, así como las pérdidas, mermas y excesos.

▪ **Subcontrataciones:**

Coste de las unidades de obra ejecutadas por terceros en régimen de subcontratación, ya sea con o sin suministro de materiales.

▪ **Mano de obra directa:**

Se computa como mano de obra todo aquel personal con categoría inferior a capataz (en general oficiales y peones). Los conductores, gruistas y otro tipo de operadores se suelen incluir en el epígrafe de Maquinaria.

Se incluyen todos los gastos asociados a la mano de obra tales como:

- Sueldos y salarios
- Seguridad social a cargo de la Empresa Constructora
- Provisión de pagas extraordinarias y vacaciones
- Provisión de indemnizaciones por despido al finalizar la obra
- Otros gastos como dietas, ayudas etc.

▪ **Maquinaria y medios auxiliares (propia):**

Se computan todos los costes asociados a la propiedad, conservación y explotación de la maquinaria y medios auxiliares (consumos, reparaciones, mantenimiento, seguros etc.)

▪ **Maquinaria y medios auxiliares (de terceros):**

Se computan los gastos de alquiler devengados en el periodo de disposición de la misma. Todos los gastos asociados excepto los consumos suelen estar incluidos en el precio pactado con el proveedor.

▪ **Transferencias internas:**

Son costes correspondientes a mano de obra, materiales o maquinaria procedente de otras obras de la Empresa Constructora que hayan sido cedidos a la obra.

5.2. Costes Indirectos

Estos reúnen todos aquellos conceptos de coste de la propia obra que, aun formando parte del coste de esta, no puede conocerse con exactitud qué parte o medida de cada uno de ellos ha intervenido en cada operación de producción, ya que suelen ser gastos compartidos en toda la obra o en parte de ella. Los costes indirectos se entienden como comunes a todas las partidas,

por lo tanto, se suelen aplicar proporcionalmente a los costes directos con tal de conocer los resultados parciales.

Se consideran habitualmente como costes indirectos los siguientes conceptos:

- Personal de gestión de una obra:
(Jefe de obra, administrativos, encargados etc.)
- Instalaciones comunes de la obra:
(Casetas u oficinas, almacenes, mobiliario, vallado, vigilancia, caminos de acceso, medios informáticos y de oficina etc.)
- Mano de obra auxiliar
- Maquinaria general, medios auxiliares e instalaciones de producción
- Carga financiera de la obra
- Conservación durante periodo de garantía
- Impuestos, tasas, servicios externos, provisiones e imprevistos
- Otros (Seguros de responsabilidad civil, gastos de representación etc.)

El importe de los costes indirectos está directamente asociado al tamaño de la obra y el plazo de la misma. A mayor duración de la obra, mayores costes indirectos, incrementándose con cada demora en el plazo. Sin embargo, cuanto mayor sea el volumen de la obra, menor será el porcentaje de los costes indirectos. Generalmente los costes indirectos suponen entre el 8% y el 15% de los costes directos. Los costes indirectos pueden existir a pesar de no haber producción, como por ejemplo durante una paralización de la obra.

5.3. Gastos generales de la empresa

Cada una de las obras debe contribuir a soportar los costes de la estructura de la Empresa Constructora en un periodo, de tal manera que se imputará una cantidad por dicho concepto, generalmente de manera proporcional a la producción de cada obra. Es lo que se denomina los gastos generales de la Empresa Constructora o parte proporcional de gastos de estructura y se reparten proporcionalmente entre todas las obras que la empresa realiza en un determinado periodo de tiempo, generalmente anual. El coeficiente de gastos generales k_{gg} se calcula como la relación entre los ingresos totales previstos de la Empresa Constructora en dicho periodo y los costes de estructura previstos. Los Gastos Generales representan habitualmente entre el 4 y 8% del valor de venta del total de cada obra.

$$\text{Gastos Generales} = k_{gg} * V_{final}$$

5.4. Precio Unitario de Coste (PUC)

El Precio Unitario de Coste o PUC es el coste “directo” de producción para la constructora de una determinada unidad de obra, sin tener en cuenta la parte proporcional de Costes Indirectos o de Gastos Generales.

La Empresa Constructora, mediante el Estudio Económico, calcula el precio que considera real para cada unidad de obra, con un cierto grado de incertidumbre, con tal de poder estimar el beneficio al contrastar estos costes reales con los del proyecto. Este proceso se lleva a cabo previo a la licitación y una vez adjudicada la obra, se perfeccionarán los resultados en el Estudio Económico para la Ejecución de la obra.

Por esta razón, cuanto más preciso y realista sea el cálculo de los PUC, menor será la incertidumbre en los beneficios y los imprevistos que puedan surgir a medida que avanza la obra.

6. Modificaciones contractuales en las obras

En las obras generalmente aparece la necesidad de ejecutar partidas nuevas, modificar o sustituir las existentes. Las posibles modificaciones se clasifican en los siguientes apartados.

6.1. Errores de medición

Los errores de medición hacen referencia a valores que se han introducido erróneamente en la formulación del presupuesto y sean muy distintos a los valores reales, provocando así una variación considerable en el presupuesto total de la obra.

Las existentes diferencias entre las mediciones del proyecto y las realmente ejecutadas en la obra no se consideran errores de medición, ya que no es posible ajustar ambos valores con precisión exacta, especialmente en partidas como los movimientos de tierras.

Los errores de medición son difíciles de analizar en fases previas a la ejecución de la obra debido a la escasez de medios. Sin embargo, se debe analizar el presupuesto con tal de detectar estos valores en las mediciones que a simple vista se intuyan erróneos.

6.2. Omisión de partidas

La omisión de partidas son aquellas partidas que aparecen en los planos de proyecto, pero no figuran en el presupuesto debido a un error. Al estar incluidas en los planos deberán ser ejecutadas, por lo tanto, la Administración y la Empresa Constructora que resulte adjudicataria deberán pactar un precio de mutuo acuerdo una vez se inicien las obras.

6.3. Modificados.

Los modificados son variaciones en el proyecto original con las que se busca mejorar el proyecto, bien sea facilitando y/o acelerando la ejecución de este o mejorando las condiciones económicas tanto para el adjudicatario como para la Administración. Son una parte fundamental de los Estudios Económicos, ya que el beneficio previsto de la obra depende en gran magnitud de la aprobación de los modificados propuestos.

Mediante los llamados Escenarios APO, los cuales se explicarán posteriormente, se analiza la viabilidad de las modificaciones planteadas en el Estudio Económico.

Las condiciones para realizar modificaciones de los contratos de obras y la posibilidad de aprobación de estas modificaciones vienen recogidas en el Real Decreto Legislativo 3/2011 del 14 de noviembre de 2011. Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, en la cual se establece:

Artículo 219:

1. *Los contratos administrativos solo podrán ser modificados por razones de interés público en los casos y en la forma previstos en el título V del libro I, y de acuerdo con el procedimiento regulado en el artículo 211. En estos casos, las modificaciones acordadas por el órgano de contratación serán obligatorias para los contratistas.*
2. *Las modificaciones del contrato deberán formalizarse conforme a lo dispuesto en el artículo 156.*

Artículo 234:

1. *Serán obligatorias para el contratista las modificaciones del contrato de obras que se acuerden de conformidad con lo establecido en el artículo 219 y en el título V del libro I. En caso de que la modificación suponga supresión o reducción de unidades de obra, el contratista no tendrá derecho a reclamar indemnización alguna.*
2. *Cuando las modificaciones supongan la introducción de unidades de obra no previstas en el proyecto o cuyas características difieran de las fijadas en éste, los precios aplicables a las mismas serán fijados por la Administración, previa audiencia del contratista por plazo mínimo de tres días hábiles. Si éste no aceptase los precios fijados, el órgano de contratación podrá contratarlas con otro empresario en los mismos precios que hubiese fijado o ejecutarlas directamente.*
3. *Cuando el Director facultativo de la obra considere necesaria una modificación del proyecto, recabará del órgano de contratación autorización para iniciar el correspondiente expediente, que se sustanciará con carácter de urgencia con las siguientes actuaciones:*
 - a) *Redacción de la modificación del proyecto y aprobación técnica de la misma.*
 - b) *Audiencia del contratista y del redactor del proyecto, por plazo mínimo de tres días.*
 - c) *Aprobación del expediente por el órgano de contratación, así como de los gastos complementarios precisos*

7. Oferta de licitación y presupuesto

Tras estudiar los costes directos e indirectos y los posibles errores, omisiones y modificados, la empresa constructora elabora un presupuesto propio, con los costes estimados y sobre dicho presupuesto se realiza la oferta de licitación. La empresa debe considerar los beneficios que se prevé obtener con la realización de las obras y el riesgo que está dispuesta a asumir.

La oferta de licitación es el valor numérico que representa la oferta de la empresa para la realización de las unidades de obra del proyecto.

7.1. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

El PEM es la cuantificación económica del valor del proyecto de construcción por parte del proyectista y se obtiene como el sumatorio de los productos del precio unitario de proyecto de todas las unidades de obra por la medición ejecutada.

$$PEM = \Sigma \text{Precio unitario de proyecto} * \text{medición}$$

7.2. Presupuesto Base de Licitación (PBL)

El Presupuesto Base de Licitación (PBL) o de Ejecución por Contrata (PEC) se obtiene sumando al presupuesto de ejecución material (PEM) los valores del beneficio industrial (BI) y los gastos generales de la empresa (GG), calculados ambos en forma de porcentaje respecto al PEM.

La Administración fija los valores de los porcentajes siendo del 6% para el Beneficio Industrial, y entre el 13% y el 17% para los Gastos Generales.

$$PBL = PEM * \left(1 + \frac{B.Industrial}{100} + \frac{G.General}{100}\right)$$

7.3. Beneficio Industrial

El beneficio industrial es el porcentaje que el proyectista marca como beneficio para el contratista. Se especifica en el presupuesto en el PBL y es habitual valorarlo en un 6% del PEM de la obra.

7.4. Coeficiente de adjudicación

El coeficiente de adjudicación se calcula como el cociente entre la oferta presentada por la constructora en el proceso de licitación y el Presupuesto Base de Licitación, ambos sin IVA.

$$\text{Coeficiente de Adjudicación} = \frac{\text{Oferta de licitación}}{\text{PBL}}$$

El coeficiente de adjudicación se expresa en tanto por uno, es un valor contractual y se aplica al precio unitario de cada unidad de obra, con tal de calcular el importe final que la Empresa Constructora recibe por unidad.

7.5. Baja

La baja es la diferencia porcentual entre la oferta de licitación presentada y el PBL. Esta se obtiene directamente del coeficiente de adjudicación y se suele expresar en tanto por ciento.

$$\text{Baja} = (1 - \text{Coeficiente Adjudicación}) * 100$$

PARTE 2: EJECUCIÓN DEL ESTUDIO ECONÓMICO EN FASE DE CONSTRUCCIÓN

1. Introducción

En esta parte del trabajo se describe el procedimiento que se debe llevar a cabo para la realización del Estudio Económico en fase previa al inicio de las obras.

Dicho proceso comienza tras la adjudicación de la obra, donde la Empresa Constructora deberá analizar el proyecto y la documentación de la licitación con tal de redactar dicho estudio inicial o informe “cero”. El estudio contendrá los datos suficientes para determinar la estrategia general de la obra por la Empresa Constructora permitiendo la toma de decisiones en las primeras fases del contrato.

2. Descripción

El Estudio de ejecución de una obra es el documento que refleja el resultado económico final previsto de la obra. Dicho documento se actualiza periódicamente y al basarse tanto en datos previstos como reales, cuenta con un grado de incertidumbre, siendo este menor conforme avance la obra.

Los resultados de la obra se recogen por partidas y en total, además se reflejan los cambios o actuaciones de cualquier tipo para la mejora del resultado mediante análisis de Escenarios. La planificación económica deberá reflejar las previsiones de ganancias o pérdidas de cada unidad de obra. Se comparan los importes previstos de coste y de venta con el mayor desglose posible con tal de obtener resultados parciales de margen económico, rendimientos, costes unitarios etc.

Se trata de un documento interno, realizado por el equipo de obra y presentado a superiores, quienes deberán aprobarlo.

En la versión inicial o Cero, en la cual se centra este Trabajo de Fin de Grado, se ha de lograr la menor incertidumbre posible a pesar de contener valores no consolidados. Dicho documento servirá como referencia para la gestión futura del equipo de obra.

Para elaborar el estudio económico de la obra, se debe tener en cuenta:

- Subcontratos de ejecución de obra
- Contratos de suministros de materiales

- Contratos de transportes, alquileres y servicios
- Mano de obra y posibles destajos
- Elaboración de modificados o adicionales
- Propuestas de cambio de sistemas de ejecución o procedimientos constructivos

2.1. Medición de las obras

La medición real es la mejor estimación de la medición de la que se dispone en esta fase y afectará tanto a los gastos como a los ingresos finales.

Debido a la imposibilidad de medir todo se ha de priorizar en las partidas cuyo coste o medición es mayor, realizando dicha revisión mediante el principio de Pareto.

No se debe limitar a revisar las partidas del presupuesto del proyecto, debido a la dificultad de detectar los fallos de este modo. Por contrario, se ha de medir sobre los planos con tal de detectar posibles omisiones o duplicidades, siendo en algunos casos necesario realizar un levantamiento topográfico. Además, cabe medir las partidas de coste y de venta, ya que la estructura de ambos presupuestos puede presentar diferencias.

Si el contrato es a precio cerrado, las variaciones en las mediciones afectan al coste y no se verán compensadas con la venta. Por el contrario, si se trata de un contrato a precios unitarios, sí que existe una compensación de costes y venta y las variaciones de medición de una partida respecto a la prevista afectarán al resultado en función del margen liberado por la partida.

2.2. Costes

Como se ha mencionado anteriormente, los costes directos de las operaciones de producción se obtienen mediante el producto de la medición por el precio unitario de coste (PUC).

Los PUC provienen en mayor parte de los proveedores (suministros y subcontratas), debido a la ausencia de contratos en la fase en la que se realiza el Estudio. De este modo la Empresa Constructora se basará en las ofertas y contratos de las que disponga, además de las ofertas de fase de estudios y la propia experiencia. En el caso de empleo de medios propios tales como maquinaria, prefabricados etc., se estimará el coste a partir de los precios simples, mediciones y rendimientos estimados.

Los costes indirectos se obtienen a partir de la propuesta de organización de la obra y del plazo previsto para la ejecución de las obras.

Los Gastos Generales se computan generalmente con un porcentaje de los ingresos finales, el cual es el mismo para todas las obras que la Empresa Constructora realice.

2.3. Escenarios APO

La Empresa Constructora deberá detectar los posibles errores o omisiones, además de inducir cambios que mejoren el resultado económico o faciliten la ejecución.

Debido al grado de incertidumbre, las modificaciones se introducen en los tres diferentes escenarios APO planteados con tal de analizar el impacto que tendrán en el resultado final. Con dichos escenarios se busca cubrir las distintas situaciones que podrían producirse durante el desarrollo de las obras.

De esta manera, se obtendrán distintos importes de coste de la obra para los diferentes escenarios que servirán a la constructora para estimar el importe final en función del beneficio y de los riesgos que esté dispuesta a asumir.

Los escenarios tenidos en cuenta son los siguientes:

2.3.1. Escenario Actual

Este escenario refleja la previsión de resultado con las partidas contractuales y las mediciones reales, con las que se dispone desde la fecha de la realización del Estudio. En este escenario se tendrán en cuenta únicamente las diferencias entre los costes unitarios recogidos en el proyecto y el precio unitario de coste (PUC) estimados por la constructora.

2.3.2. Escenario Previsto

El presente escenario representa la situación con mayor probabilidad de ocurrencia. Basándose en el resultado anterior, se incluyen los errores, omisiones detectadas en el proyecto además de las modificaciones que cuenten con una alta probabilidad de ser aceptadas.

2.3.3. Escenario Óptimo

En este escenario se representa la mejor situación que podría darse desde la perspectiva de la Empresa Constructora. A partir del resultado anterior, se incluirán las modificaciones y otros supuestos que puedan tener una probabilidad media-baja de ser aceptadas.

2.4. Modificaciones en la obra

Generalmente en las obras aparece la necesidad de ejecutar partidas nuevas, sustituir o modificar las existentes, en cuyo caso será necesaria una modificación puntual del contrato, incluyendo las partidas nuevas y eliminando otras, si procede.

2.4.1. Precios contradictorios

Las mencionadas partidas, nuevas o sustitutorias, se les denomina precios contradictorios. Todas las modificaciones de la obra se reconocerán en el Proyecto Modificado. Los precios contradictorios serán generados a partir de los descompuestos de las unidades de obra de proyecto, a los cuales se les aplicará un coeficiente mayorador de coste.

2.4.2. Estrategias para mejorar el resultado de la obra

La mejora del resultado de la obra se logra mediante una gestión correcta del proceso compra-producción-certificación, además de un planteamiento estratégico y llevar a cabo cambios que conlleven a la reducción de costes y, por lo tanto, a dicha mejora.

Mediante el Estudio Económico se conocerán y se tratará de optimizar los siguientes factores:

- Defectos, omisiones y errores del proyecto
- Procedimientos constructivos dudosos, mal definidos o mejorables
- Diseños técnicamente dudosos, analizando las alternativas
- Adecuación a la normativa
- Errores de mediciones

Además, se tratará de incluir posibles cambios con tal de disminuir el coste, mejorar la calidad o el plazo, eliminar problemas de ejecución, conservación o uso, disminuir los riesgos laborales etc. Para ello es fundamental contar con una buena previsión final, generalmente desde antes de iniciar la obra y contar con el menor grado de incertidumbre posible.

PARTE 3: APLICACIÓN PRÁCTICA

1. Introducción

En esta parte se aplicarán los conceptos mencionados anteriormente en un caso real, en el cual se realizará un Estudio Económico en Fase de Construcción sobre el proyecto de construcción del puente de Astiñete sobre el río Urumea, San Sebastián. Dicho proyecto tiene por objeto la definición y valoración de las obras necesarias para la construcción del nuevo puente.



Figura 2: Diseño del puente de Astiñete (Fuente: Proyecto de Construcción)

En dicho Estudio cero se realizará una simulación numérica a partir de hipótesis simplificativas, tales como la adjudicación de la obra y el porcentaje de baja, los costes directos e indirectos etc., las cuales se especificarán posteriormente. Para ello, se ha de analizar el proyecto y la documentación de la licitación.

El Estudio Económico es el documento inicial que se redacta previo al inicio de las obras y los resultados se irán actualizando conforme avance la obra reduciendo progresivamente el grado de incertidumbre presente durante todo el proceso.

En primer lugar, se detalla la descripción del proyecto de construcción y los antecedentes de la construcción del nuevo puente con tal de facilitar la comprensión del trabajo y las decisiones que se tomarán en los siguientes apartados.

2. Antecedentes

2.1. Razón de la sustitución del actual puente

Actualmente, el puente existente denominado puente de Egia presenta una anchura de tablero insuficiente. Este cuenta con dos carriles para el tráfico rodado y dos aceras de reducidas dimensiones. Además, la geometría de la margen izquierda resulta muy forzada.

Desde el punto de vista hidráulico, el puente se encuentra a una cota que no permite librar las cotas de lámina de agua para los periodos de retorno de 100 y 500 años, constituyendo un obstáculo de cara al comportamiento hidráulico y pudiendo provocar inundaciones como se observa en la siguiente imagen.

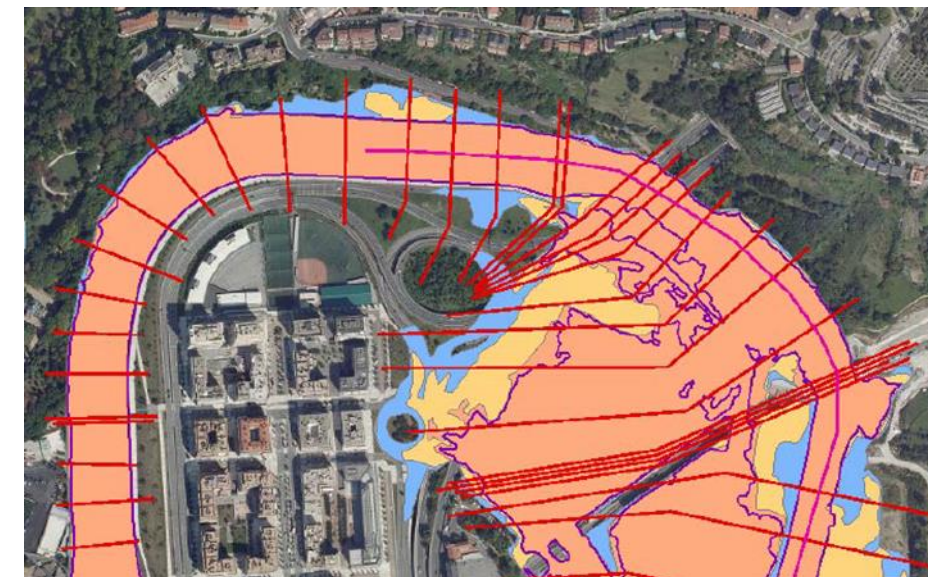


Figura 3: Manchas de inundación para T=10, 100 y 500 años y línea de flujo preferente (Fuente: Proyecto de construcción)

El nuevo puente queda emplazado 25 metros aguas abajo del actual y cumple con el condicionante hidráulico, quedando la cota inferior del tablero con un resguardo de al menos un metro de la lámina de agua correspondiente al periodo de retorno de $T=500$ años, la cual se prevé sea de +4,93 metros, por lo que la cota inferior del tablero en el punto medio del cauce será de +6 metros.

2.2. Antecedentes administrativos

El ayuntamiento de San Sebastián como promotor convocó un concurso de ideas para la sustitución del puente existente. Se seleccionaron 3 concursantes a los que se encargó la redacción de un Estudio Previo sobre las propuestas inicialmente presentadas.

En la segunda fase, la Unión Temporal de Empresas constituida por las empresas consultoras LKS Ingeniería S. Coop. e Ingeniería Zero S.L resultó ganadora y se procedió a la firma del contrato para la redacción del proyecto constructivo.

3. Descripción general del proyecto

Las obras proyectadas consisten en la construcción del nuevo puente de Astiñete aproximadamente a unos 25 metros aguas abajo respecto al puente actual. Teniendo en cuenta las condiciones de contorno se opta por una propuesta de puente de trazado curvo. La solución escogida es económicamente contenida, técnicamente factible y de sencillez de ejecución. Por otra parte, cuenta con una estética acertada e integrada en el entorno urbano y cumple con los condicionantes de capacidad hidráulica del cauce, además de ser compatible con los usos deportivo-creativos del río.

Se opta por una estructura porticada, curva en planta con un radio en el eje de 73,5 m y con 3 vanos de luces de 17,35 + 41,67 + 15,75 metros que soportan una sección formada por 2 carriles de 3,75 metros cada uno. Se dispone una acera de 3,5 metros y una vía ciclista de 1,5 metros en el lado de aguas abajo y una acera de 2 metros y una vía de 1,5 metros en el lado de aguas arriba. Ambos carriles bici son de sentido único. En total el puente consta de 74,77 metros de longitud y un ancho total de tablero de 17,14 metros, siendo los elementos que componen la sección transversal los siguientes:

- Acera aguas abajo: 3,50 m
- Bidegorri aguas abajo: 1,50 m
- Viga longitudinal: 0,57 m
- Caz: 0,30 m
- Calzada (2 carriles): 6,90 m
- Caz: 0,30 m
- Viga longitudinal: 0,57 m
- Bidegorri aguas arriba: 1,50 m
- Acera aguas arriba: 2,00 m

El canto del tablero es de 1 metro y sitúa su cota inferior en punto central a +6,19 m. El tablero se plantea con pendiente con tal de integrar trazado en planta y alzado y facilitar de forma natural y fluida el cruce del río hacia el vial de acceso a Egía. Por este motivo el puente cuenta con una rasante de cota +8,5 m en la margen derecha del río, +7,27 m en centro del puente y + 6,20 en la margen izquierda del río.

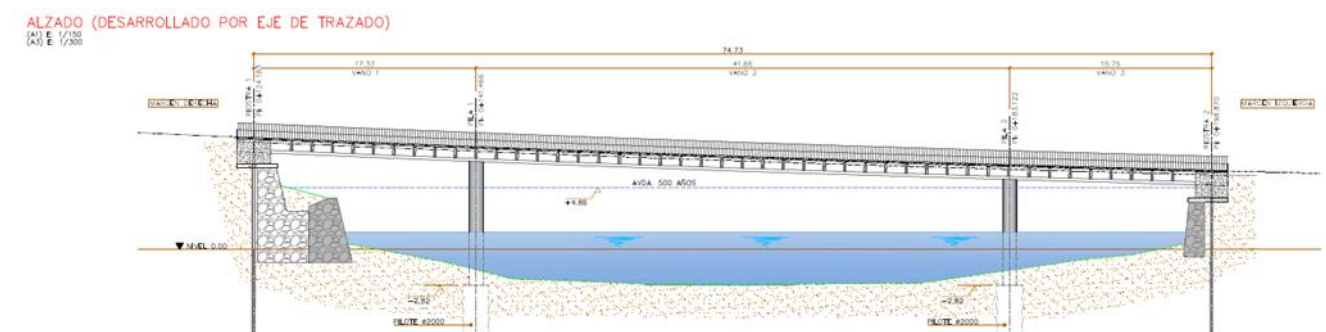


Figura 4: Plano alzado (Fuente: Proyecto de construcción)

La elección de 2 apoyos intermedios se basa en criterios económicos, funcionales y estéticos, a partir de la comparativa entre diferentes alternativas estudiadas. La solución adoptada presenta las siguientes ventajas respecto a la disposición de una única pila: abre la posibilidad del empleo de pilas-pilote y elimina la necesidad de entibaciones temporales para la construcción de encepados

en el cauce. Además, reduce la longitud de vano máximo y minimiza el canto del tablero bajo rasante y produce un resultado más armónico y dinámico desde el punto de vista estético.

La tipología del tablero adoptada es el resultado de la optimización del proceso constructivo, el cumplimiento de los condicionantes hidráulico y la consecución de un resultado final estético y urbano. De esta manera se opta por un tablero mixto, ya que permite la construcción de este sin necesidad de emplear medios fijos auxiliares dispuestos sobre el cauce del río y permite contener el canto del tablero bajo rasante con tal de cumplir con el resguardo requerido y generar una estructura ligera, integrada y regeneradora del entorno urbano.

La sección de tablero mixta está formada por dos cajones metálicos longitudinales y una losa de hormigón superior e inferior en las zonas sobre las pilas. Los materiales a emplear son hormigón HP-50 y HA-50 en las losas y acero estructural S355 J2. Para completar la plataforma se colocan dos familias de costillas metálicas aguas arriba y abajo.

El encuentro del tablero con las márgenes se realiza de forma integral, sin apoyos ni juntas, con tal de eliminar costes de mantenimiento, produciendo una solución duradera y confortable para el tráfico rodado. Ambas márgenes cuentan con una cimentación del tipo profunda mediante micropilotes. En la margen izquierda se realiza la contención de tierras prolongando de forma continua el propio muro de encauzamiento bajo todo el tablero. El encuentro con la margen derecha se trata de un estribo cerrado retranqueado sobre el encauzamiento del río.

El conjunto pilotes-pilas-tablero se concibe como una estructura monolítica, sin aparatos de apoyo ni juntas, solución posible debido a la curvatura en planta que permite absorber los movimientos por cambios térmicos y procesos reológicos.

En cuanto al proceso constructivo, los métodos escogidos tienen como objetivo rapidez y sencillez además de permitir las operaciones con la mínima afección al tráfico viario. Por ello, todas las operaciones se realizan mediante grúa de moderado tonelaje. El talero en doble cajón permite la colocación por separado de ambos sobre el vano central. El tablero se construye de bajo hacia arriba y del centro a los laterales, ensamblando primero las partes metálicas de los cajones sin costillas, seguido de la colocación y hormigonado de las losas centrales. De esta forma se habrá generado una plataforma de trabajo sobre el río y a continuación se colocará las costillas de los vuelos desde la propia estructura principal del puente.

4. Hipótesis

A continuación, se detallarán las diferentes hipótesis lógicas que se toman con tal de facilitar la realización del estudio, debido al propósito académico del trabajo y la ausencia de subcontratistas y proveedores con los que el equipo gestor de la Empresa Constructora debería cerrar los acuerdos.

Este Estudio económico es un documento asociado a la obra real de ejecución del puente de Astiñete, por lo tanto, se trata de realizar dicho documento de la manera más realista posible simulando el proceso seguido por la Empresa Constructora.

4.1. Tipo de contrato

Siguiendo lo estipulado en la Ley de Contratos del Sector Público, la forma de pago que se aplicará en la obra será por precios unitarios.

En este tipo de contrato el precio total de la obra se establece como la suma de los precios de cada unidad de obra multiplicados por la medición real de las misma.

El importe final que habrá de ser abonado a la Empresa Constructora (V_{final}) se obtiene mediante el sumatorio del producto de las mediciones reales por los precios unitarios del presupuesto del proyecto e las unidades de obra finalmente ejecutadas y a su vez multiplicado por los coeficientes de gastos generales, de beneficio industrial y de adjudicación como observamos a continuación:

$$V_{final} = \left(\sum_i^n pu_i * m_{i,final} \right) * (1 + \gamma_{gg} + \gamma_{bi}) * \gamma_{adj}$$

$$V_{final} = \left(\sum_i^n pu_i * (m_i + \Delta m_i) \right) * (1 + \gamma_{gg} + \gamma_{bi}) * \gamma_{adj}$$

$$V_{final} = (V_{licitación} + \Delta V_{modificados} * (1 + \gamma_{gg} + \gamma_{bi}) * \gamma_{adj}$$

4.2.1. Resumen del Presupuesto

Siendo:

V_{final} : precio final a pagar a la empresa constructora.

pu_i : precios unitarios de la unidad de obra.

m_i : medición de la unidad de obra i.

$m_{i,final}$: medición final de unidad de obra i.

γ_{gg} : coeficiente de gastos generales, en tanto por uno.

Los coeficientes de gastos generales y de beneficio industrial se han extraído del presupuesto y representan un 19% del presupuesto de ejecución material correspondiendo un 6% al Beneficio Industrial y un 13% a los Gastos Generales. Por lo tanto:

$$\gamma_{gg}: 0.13$$

$$\gamma_{bi}: 0.06$$

4.2. Adjudicación de la obra

El importe ofertado por la Empresa Constructora debe ser menor que el presupuesto especificado en el proyecto, lo cual corresponde a una baja.

El coeficiente de adjudicación se obtiene mediante el cociente del precio ofertado por la Empresa Constructora entre el presupuesto de licitación, el cual se extrae del proyecto del que se dispone.

PRESUPUESTO OFERTADO	2.388.903,43 €
PRESUPUESTO LICITACIÓN	2.714.662,99 €
COEFICIENTE DE ADJUDICACIÓN	0,88

El coeficiente de adjudicación (γ_{adj}) es igual a 0.88 presentando así un 12% de baja sobre el presupuesto de licitación, cuyo valor se ajusta a los coeficientes habituales del mercado.

CAPITULO	RESUMEN	IMPORTE
01	PUENTE	1.635.303,08
	0100 ENCAUZAMIENTO	216.830,36
	0101 ESTRIBO MARGEN IZQUIERDA	81.868,04
	0102 ESTRIBO MARGEN DERECHA	86.878,70
	0103 APOYOS INTERMEDIOS	126.153,49
	0104 TABLERO	899.551,37
	0105 REDES DE SERVICIOS	38.710,95
	0106 ACABADOS	143.892,17
	0107 PROCESO CONSTRUCTIVO	41.418,00
02	DEMOLICION PUENTE VIEJO	94.241,13
03	URBANIZACION MARGEN IZQUIERDA	387.772,11
	0301 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES	56.894,29
	0302 FIRMES Y PAVIMENTOS	163.985,21
	0303 DRENAJE	16.914,54
	0304 RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	19.809,33
	0305 RED DE ALUMBRADO	46.423,73
	0306 RED DE ENERGIA ELECTRICA	5.256,13
	0307 RED DE GAS	18.118,14
	0308 RED DE TELEFONIA	3.757,70
	0309 OBRAS DE FABRICA	42.081,30
	0310 SEÑALIZACION Y BALIZAMIENTO	3.927,28
	0311 JARDINERIA Y AMUEBLAMIENTO URBANO	10.604,46
04	URBANIZACION MARGEN DERECHA	118.914,01
	0401 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES	20.060,78
	0402 FIRMES Y PAVIMENTOS	47.267,73
	0403 DRENAJE	10.688,55
	0404 RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	3.696,22
	0405 RED DE ALUMBRADO	8.194,88
	0406 RED DE ENERGIA ELECTRICA	3.144,32
	0407 RED DE GAS	13.125,07
	0409 OBRAS DE FABRICA	7.716,70
	0410 SEÑALIZACION Y BALIZAMIENTO	265,35
	0411 JARDINERIA Y AMUEBLAMIENTO URBANO	4.754,41
05	SEGURIDAD Y SALUD	34.965,45
06	GESTION DE RESIDUOS	10.033,63
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		2.281.229,41
19,00 % GG + BI		433.433,59
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA (Sin IVA)		2.714.662,99
21,00 % I.V.A.		570.079,23
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA (Con IVA)		3.284.742,22

Figura 5: Resumen del presupuesto (Fuente: Proyecto de Construcción)

4.3. Plazo de ejecución

Se toma como plazo de ejecución inicial previsto de la totalidad de la obra el especificado en la memoria del proyecto. Dicho plazo es de doce (12) meses a contar desde la fecha de firma del acta de comprobación de replanteo. Dicho plazo podría ser reducido en los siguientes escenarios con tal de disminuir el valor de los costes indirectos y por lo tanto aumentar el beneficio, como veremos a continuación. La justificación de los plazos de ejecución adoptados se encuentra detallada en el Anejo 3: programas de trabajo.

4.3.1. Penalizaciones

En el caso de que el plazo de ejecución sea superior al estipulado por la oferta de licitación, la Empresa Constructora podría tener que lidiar con penalizaciones por retrasos.

En nuestro caso, sería muy improbable debido a haber tomado como plazo inicial previsto el estipulado por la oferta de licitación.

4.4. Principio de Pareto

El principio de Pareto fue enunciado por primera vez en el siglo XVII con tal de explicar cómo el 20% de la población de la época poseía el 80% de la riqueza.

Extrapolado al ámbito de la construcción, en concreto, al presupuesto de una obra, el principio de Pareto emula que el 20% de las partidas equivalen al 80% del coste total de la obra. De esta manera, con tal de agilizar el proceso, se realizará la revisión de alrededor del 20% de las unidades de obra cuyo peso es mayor y supongan el 80% del coste total de la obra.

Las unidades de obra restantes se agrupan como una sola unidad que se incluye en la tabla de cálculos con tal de cuadrar las cifras finales. Dicha unidad se asume que no produce pérdidas ni beneficios.

4.5. Costes

El coste total que la Empresa Constructora tendrá que asumir por la realización de la obra se calcula como la suma del Precio Unitario de Coste total (en el cual se encuentran incluidos

solamente los Costes Directos), los Costes Indirectos totales y Gastos Generales, siguiendo la siguiente expresión:

$$C_{final} = CD + CI + k_{gg} * V_{final}$$

Siendo:

C_{final} : gastos totales de la obra

CD : Costes Directos totales

CI : Costes Indirectos totales

k_{gg} : coeficiente de gastos generales a aplicar a las obras (en tanto por uno)

V_{final} : Venta final

4.5.1. Costes Directos

El cálculo de los Costes Directos totales se realizará mediante el sumatorio de la multiplicación del Precio Unitario de Coste y la medición real ejecutada de cada unidad de obra.

$$Costes Directos = \sum PUC * medición real$$

4.5.2. Costes Indirectos

Para el cálculo de los costes indirectos se determina un posible organigrama adecuado al tamaño y presupuesto de la obra, la cual no es de gran envergadura. Por este motivo la dedicación de los integrantes del equipo técnico no será del 100%.

Existen diversas maneras de repercutir los costes indirectos en el cálculo de resultados. Para este trabajo se escoge obtener el porcentaje que suponen los costes indirectos sobre los costes directos totales y aplicar el mismo porcentaje para cada unidad de obra. Por lo tanto:

$$\% Costes Indirectos = \frac{Costes Indirectos}{Costes Directos} * 100$$

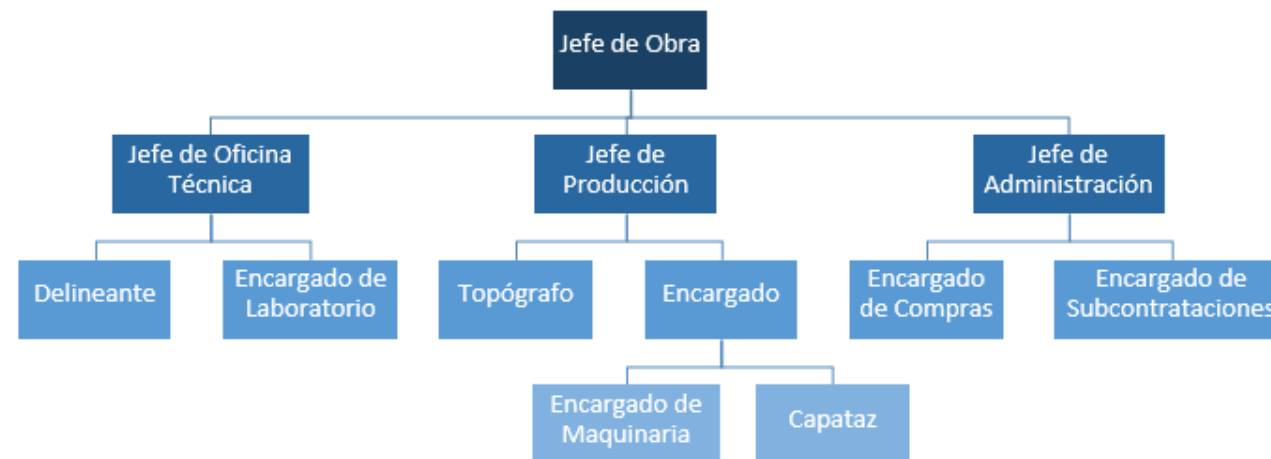


Figura 6: Organigrama (Fuente: elaboración propia)

4.5.3. Gastos Generales de la Empresa

Para la realización de los cálculos se tomará un porcentaje del 5% del importe de Venta final de la obra destinado a los Gastos Generales de la empresa, porcentaje que debe contribuir a soportar los costes de la empresa constructora en el periodo de tiempo de un año. Se supone una Empresa Constructora diversificada geográficamente, por lo tanto, las obras de la comunidad autónoma del País Vasco deberán soportar los siguientes porcentajes:

- 3% Gastos de Estructura de la central
- 2% Gastos de Estructura a nivel regional

Por lo tanto, se tomará para los cálculos un k_{gg} igual al 5%.

5. Escenarios

Como se ha explicado anteriormente, se plantean tres escenarios con tal de calcular los costes de cada unidad de obra y estimar así el beneficio que obtendrá la Empresa Constructora.

5.1. Escenario Actual

5.1.1. Plazo de obra

En este escenario se toma como plazo de obra el mismo estipulado en el proyecto, es decir, 12 meses y se propone un posible programa de trabajos detallado en el anejo 3.

5.1.2. Costes Indirectos

Teniendo en cuenta la poca envergadura de la obra y el tiempo de la misma se toman los Costes Indirectos según el organigrama planteado.

Para el escenario actual se han calculado unos costes indirectos de **282.940,00 €**.

El desglose de dicho importe diferencia entre el personal de gestión, las instalaciones de obra cuyas tablas de precios se encuentran en el Anejo 1.

Los costes indirectos se reparten proporcionalmente sobre las unidades de obra detalladas en el Anejo 1 y corresponden a un 13,7% del Importe total de los costes directos. El cálculo de los Costes Indirectos realizado en el proyecto corresponde a un porcentaje del 6%, el cual no se ajusta a la realidad, debido a que es considerablemente inferior al porcentaje real.

5.1.3. Costes de Ejecución

Con tal de simplificar los cálculos del coste real de ejecución que deberá asumir la Empresa Constructora por cada unidad de obra, se toma unos coeficientes arbitrarios aplicados sobre el importe del proyecto. Con tal de obtener resultados coherentes, los coeficientes se aplicarán por familias, simulando los acuerdos cerrados hasta la fecha con los proveedores y subcontratistas, los cuales podrán ser mejorados en los siguientes escenarios.

Como se ha mencionado anteriormente, a las unidades de obra que corresponden al 20% del importe total se les aplica un coeficiente de tal manera que no supongan pérdidas ni beneficios.

familia	coeficiente
Aceros	0,93
Hormigones	0,85
Demoliciones	0,97
Movimientos de tierra	0,86
Cimentación	0,84
Firmes y explanadas	1
Seguridad y Salud	1
Gestión de Residuos	0,95
Acabados	0,87
Equipamiento	0,88
Omisiones	0,96
Resto de Unidades	0,87571564

Tabla 1: Coeficientes agrupados por familias (Fuente: elaboración propia)

5.1.4. Mediciones

El mayor grado de incertidumbre existente gira entorno a las mediciones, ya que las mediciones reales ejecutadas no se conocerán hasta el momento que se realicen. Por ello, para el escenario actual se toman las mediciones de proyecto sin variaciones, debido a que se trata del escenario base y en este punto del estudio económico no se ha comenzado a variar el proyecto de construcción.

5.1.5. Omisiones

Tras analizar los planos del Proyecto se ha observado que figura el trazado del desvío provisional para tráfico durante la ejecución de las obras en la margen izquierda, sin embargo, dicha partida no se encuentra reflejada en el presupuesto. Esta omisión ya se ha pactado con la Administración, por lo tanto, puede tenerse en cuenta desde este escenario.

Código	Unidad	Descripción
OMISION.01	Ud	EJECUCIÓN DE DESVÍOS PROVISIONALES PARA EL TRÁFICO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE 100 METROS DE LONGITUD EN LA MARGEN IZQUIERDA Y POSTERIOR DEMOLICIÓN, RELLENO CON ZAHORRA Y FIRME ADECUADO TRÁFICO EXISTENTE.

Tabla 2: Omisión escenario actual (Fuente: elaboración propia)

5.1.6. Modificados

En este escenario no se tienen en cuenta modificados, ya que al tratarse del escenario base, las propuestas de la Empresa Constructora todavía no han sido aceptadas por la Administración.

5.1.7. Resultado

Como se observa es este escenario, el resultado para la Empresa Constructora es desfavorable enfrentándose a unas pérdidas de entorno a los 80.000 euros. Con tal de remediar este resultado negativo la empresa deberá realizar varias modificaciones en los siguientes escenarios.

BENEFICIO TOTAL:

-

84.994,80

5.1.8. Valoración del resultado

Tras conocer el resultado del escenario actual, se deben analizar las unidades de obra y detectar las partidas que provocan las mayores pérdidas con tal de tratar de remediar los resultados negativos para la empresa constructora.

Las unidades de obra con el peor resultado son las partidas de la familia del acero, cuyas pérdidas suponen alrededor del 65% de las pérdidas totales. Por este motivo, el principal objetivo del siguiente escenario será lidiar con estas pérdidas.

Estudio económico para la ejecución de las obras de construcción del puente de Astiñete sobre el río Urumea en el término municipal de San Sebastián (Guipúzcoa)

Código	Unidad	Descripción	Medición Proyecto	VENTA	COSTE	Beneficio
				Importe de Venta	Importe Total	
600.501	kg	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO CORRUGADO B-500-S DE ALTA ADHERENCIA EN ESTRUCTURA DE HORMIGÓN, INCLUSO CORTES, COLOCACIÓN Y SOLAPES. MEDIDO EL PESO NOMINAL, TOTALMENTE COLOCADO.	193.509,51	162.114,53	171.661,31	- 9.546,78
640.INXD	kg	ACERO INOXIDABLE EN 1.4462 (TIPO DÚPLEX 2205), CORTADO, SOLDADO Y MONTADO EN OBRA, CON DIMENSIONES INDICADAS EN PLANOS. INCLUSO TRANSPORTE, CONSTRUCCIÓN, MONTAJE, GRÚAS, ASÍ COMO LOS MEDIOS AUXILIARES NECESARIOS.	4.345,00	43.225,80	45.771,33	- 2.545,53
640.355	kg	ACERO ESTRUCTURAL EN CHAPAS O PERFILES TIPO S355 J2+N Y TIPO S460 K2+N, CORTADAS, SOLDADAS Y MONTADAS EN OBRA, CON ESPESORES INDICADOS EN PLANOS Y PARTE PROPORCIONAL DE PIEZAS DE ANCLAJE, CONECTADORES, ANGULARES Y CASQUILLOS; INCLUSO DESENGRASADO, ESMERILADO DE CHAPAS Y SOLDADURAS. INCLUIDOS APEOS, CIMENTACIONES DE APEOS Y CAMPAÑAS GEOTÉCNICAS U OTROS ENSAYOS NECESARIOS PARA SU DISEÑO, APOYOS PROVISIONALES EN APEOS, GATOS DE APOYO, CASQUILLETES, APOYO Y MONTAJE, REFUERZOS LOCALES NECESARIOS EN TABLERO. INCLUSO TRANSPORTE, CONSTRUCCIÓN, MONTAJE, GRÚA Y MEDIOS AUXILIARES.	287.175,00	661.605,25	700.566,61	- 38.961,36
640.355P	kg	SISTEMA DE PROTECCIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL SEGÚN DESCRIPCIÓN EN PLANOS, CONSISTENTE EN DESENGRASADO, ESMERILADO DE CHAPAS Y SOLDADURAS Y TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA PROTECCIÓN ANTICORROSIVA (CHORREADO E IMPRIMACIÓN, CAPA INTERMEDIA Y DOS CAPAS DE ACABADO).	286.800,00	60.067,39	63.604,71	- 3.537,32
LHTD0010	kg	ACERO PARA TESAR TIPO Y-1860-S7, INCLUSO PARTE PROPORCIONAL DE ANCLAJES, EMPALMES, VAINAS, MONTAJE, TESADO, INYECCIÓN Y SELLADO DE CAJETINES, MEDIDA LA LONGITUD DE CABLES ENTRE ANCLAJES.	5.734,80	17.596,06	18.632,28	- 1.036,22
460.D229	ml	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO DEXTERIOR=219,1 MM DE ACERO CALIDAD MÍNIMA ST-37 SEGÚN DIN 17100/80 DE 6,3MM DE ESPESOR, LA PROTECCIÓN INTERIOR SERÁ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UNA CAPA DE 200 MICRAS DE PINTURA EPOXI ATOXICO, PRVIO GRANALLADO DE LA SUPERFICIE HASTA GRADO SA-2 1/2 Y REVESTIMIENTO EXTERIOR CON PINTURA EPOXI DE 200 MICRAS. INCLUSO PRUEBAS, SOLDADURAS Y ELEMENTOS AUXILIARES. METROS LINEALES COLOCADOS	226,50	16.691,12	17.674,04	- 982,93
460.D250	ml	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO DE DESIGNACIÓN API 5L- GRADO B PARA GAS DE DIÁMETRO NOMINAL 250 MM, COLOCADO EN ZANJA O ESTRUCTURA DE PUENTE, INCLUSO P.P DE PROTECCIÓN EXTERIOR. INCLUSO PRUEBAS, SOLDADURAS Y ELEMENTOS AUXILIARES.	205,23	37.047,37	39.229,05	- 2.181,69
				PÉRDIDAS TOTALES ACERO		- 58.791,82

Tabla 3: Resumen de resultados de las partidas de acero (Fuente: elaboración propia)

Por otro lado, las partidas de demoliciones y movimientos de tierra suponen un gran peso en la obra, por lo que se debería tratar de mejorar los resultados para ambas partidas en los escenarios siguientes.

Por último, se debería analizar las partidas de firmes y explanadas y tratar de realizar alguna modificación, ya que dichas partidas también provocan unas altas pérdidas en el resultado.

5.2. Escenario Previsto

En este escenario, como se ha explicado anteriormente, se incluirán los cambios que todavía no han sido aceptados por la Administración, pero que tienen una alta probabilidad de ocurrencia.

5.2.1. Plazo de obra

Se cree que la Empresa Constructora podrá ajustar cambios en el programa de trabajo con tal de disminuir el plazo de ejecución a 11 meses. Además, este plazo se ve afectado por las nuevas mediciones de obra que se esperan para este escenario.

5.2.2. Costes Indirectos

Los Costes Indirectos dependen especialmente del plazo de la obra, por lo tanto, al reducir dicho plazo en un mes, los costes disminuyen a una cantidad de **261.170,00 €**.

El organigrama empleado es el mismo que en el anterior escenario, conservando el mismo equipo técnico y las mismas instalaciones.

5.2.3. Costes de Ejecución

En cuanto a los costes de ejecución, como se ha comentado en el apartado anterior, el principal objetivo es mejorar el resultado de las partidas de acero. Por este motivo se prevé un cambio de proveedor del material reflejado en una mejora considerable en el coste de dichas partidas.

Además, se prevé poder disponer de maquinaria propia que podrá ser empleada para las unidades de obra correspondientes a movimientos de tierra y demoliciones, reduciendo así el coste de ejecución de estas.

Por lo tanto, los nuevos coeficientes agrupados por familias son los siguientes

familia	coeficiente
Aceros	0,79
Hormigones	0,85
Demoliciones	0,78
Movimientos de tierra	0,69
Cimentación	0,84
Firmes y explanadas	1
Seguridad y Salud	1
Gestión de Residuos	0,95
Acabados	0,87
Equipamiento	0,88
Modificado 1	0,81
Modificado 2	0,91
Resto de Unidades	0,87274993

Tabla 4: Coeficientes agrupados por familias escenario previsto (Fuente: elaboración propia)

5.2.4. Mediciones

Tras la revisión de los planos y mediciones del Proyecto y la experiencia de la Empresa Constructora se han detectado seis partidas en las que las mediciones se intuyen erróneas, siendo muy probable que la medición final real sea la estipulada en este apartado. Por lo tanto, se incluyen las nuevas mediciones adoptadas, las cuales cuentan con un cierto grado de incertidumbre.

Código	Unidad	Descripción	Medición Proyecto	Medición Actual
321.100	m³	EXCAVACIÓN POR MEDIOS TERRESTRES PARA LA EJECUCIÓN DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE Y ENCAUZAMIENTO DE MARGENES CON TODO TIPO DE MATERIAL, INCLUSO ESCOLLERA HASTA CUALQUIER COTA INCLUIDOS MEDIOS AUXILIARES, BALIZAMIENTO, MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, CARGA Y TRANSPORTE HASTA ZONA DE RELLENO, INCLUSO CARGA, TRANSPORTE Y EXTENSIÓN.	1.926,10	1.890,00
705.200	ml	BARANDILLA METÁLICA FORMADA POR BARROTERA VERTICAL PARA UNA ALTURA DE 1,10 M. EL PRECIO DE LA UNIDAD INCLUYE LA BARANDILLA DE GEOMETRÍA DEFINIDA EN PLANOS DE PROYECTO, SISTEMA DE ANCLAJE DEFINIDO EN PLANO, COLOCACIÓN ASÍ COMO CUALQUIER ELEMENTO AUXILIAR, MATERIAL O MAQUINARIA NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LA UNIDAD.	252,89	258,68
URG0202008	m³	DEMOLICIÓN DE OBRA DE FÁBRICA DE HORMIGÓN EN MASA O MAMPOSTERÍA DE ESPESOR VARIABLE CON RETROEXCAVADORA EQUIPADA CON MARTILLO ROMPEDOR HIDRÁULICO, INCLUSO RETIRADA DE ESCOMBROS, CARGA, TRANSPORTE A VERTEDERO Y CANON.	2.791,93	2.830,00
640.PRL	m²	PRELOSA DE HORMIGÓN ARMADO SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PLANOS, TOTALMENTE INSTALADA Y MONTADA. MEDIDA SUPERFICIE REAL EN PLANTA	741,24	768,64
BBLJ002C	m²	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS EN FIRMES, ACERAS, ISLETAS, INLUÍDAS BASE Y SUBBASE, INCLUSO PARTE PROPORCIONAL DE BORDILLOS, ENCINTADOS, CAZES Y SERRADO EN LOS PUNTOS CON LAS ZONAS A MANTENER, CARGA, TRANSPORTE A VERTEDERO Y CANON DE VERTIDO.	3.894,80	3.920,00
HEFZ003C	m³	BASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL ZA-25, PROCEDENTE DE CANTERA O PRÉSTAMOS, INCLUSO PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN.	868,27	900,59

Tabla 5: Cambio en las mediciones en el escenario previsto (Fuente: elaboración propia)

Se propone sustituirlo por un revestimiento rugoso para pavimentos de hormigón compuesto por mortero epoxi, una capa de mortero acrílico y sellado con capa de pintura acrílica Paintex color rojo. Además, se prevé pactar con la Administración un precio similar al del pavimento de caucho que figura en el proyecto.

Defensa de contención lateral de vehículos:

Debido a la ubicación del puente en un entorno urbano, donde la velocidad máxima es de 50km se propone emplear un *pretil estético urbano "PEU" de la marca comercial CIDRO Seguridad vial y movilidad*, el cual proporcionará una mayor estética al puente además de una disminución tanto del coste de venta como el de ejecución.



Figura 6: Defensa de contención lateral de vehículos (Fuente: CIDRO)

5.2.5. Modificados

Las modificaciones que se prevén para este escenario son las siguientes:

Modificación del pavimento del carril bici y acera:

El pavimento de caucho existente cuenta con una serie de desventajas, entre ellas la alta retención de humedad, convirtiéndose en una opción poco adecuada teniendo en cuenta la localización de la obra. Además, requiere mantenimiento debido a su baja durabilidad y su difícil limpieza provocará una apariencia poco estética con el paso de los años.

Estudio económico para la ejecución de las obras de construcción del puente de Astiñete sobre el río Urumea en el término municipal de San Sebastián (Guipúzcoa)

A continuación, se muestra la tabla resumen de las unidades de obra eliminadas y los modificados que se incluyen en su sustitución, con tal de comparar los resultados del escenario previsto con las pérdidas que estas unidades provocaban en el escenario anterior. Como se observa se consigue reducir las pérdidas con ambos modificados e incluso alcanzar beneficio con el modificado.01.

	Código	Unidad	Descripción	Medición Proyecto	Medición Actual	Venta		Coste		Beneficio
						Precio Unitario de Venta	Importe de Venta	Coste Total Unitario	Importe Total	
ELIMINADA	704.200	m	BARRERA DE PROTECCIÓN CONSISTENTE EN TUBO DE ACERO DE 139,7 MM DE DIÁMETRO Y ESPESOR DE 10MM CON BÁCULOS Y CHAPAS DE FIJACIÓN SEGÚN DETALLE DE PLANOS CON CALIDAD DE ACERO S355 J2+N CON SISTEMA DE PROTECCIÓN DE ACERO, INCLUSO ANCLAJE Y MEDIOS NECESARIOS.	214,85	214,85	182,52	39.213,67	183,36	39.395,92	- 182,26
AÑADIDA	MODIFICADO.01	m	DEFENSA DE CONTENCIÓN LATERAL DE VEHÍCULOS TIPO PRETIL ESTÉTICO URBANO PEU DE MARCA COMERCIAL CIDRO COLOR BLANCO, INCLUSO SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y ANCLAJE.	-	214,85	57,60	12.374,50	53,66	11.529,27	845,23
ELIMINADA	UEPDM15	m²	PAVIMENTO DE CAUCHO CONTINUO IN SITU DE SEGURIDAD MARCA IMESISON COMPUESTO POR UNA CAPA DE ACABADO DE 10(15 MM DE EPDM 082 GRANULO 2-4MM, CON RESINA AGLUTINANTE AROMÁTICA , RESISTENTE A RAYOS UV, A LA INTEMPERIE, ANTI DESLIZANTE, COLOCADO EN ROLLOS CON PREPARACIÓN DE LA BASE Y ADHESIVO ESPECIAL DE RESINAS DE POLIURETANO.	919,07	919,07	57,72	53.050,25	65,50	60.202,86	- 7.152,61
AÑADIDA	MODIFICADO.02	m²	REVESTIMIENTO RUGOSO SOBRE LOSA DE HORMIGÓN COMPUESTO POR MORTERO EPOXI, CAPA DE MORTERO ACRÍLICO Y CAPA DE PINTURA ACRÍLICA PAINTX COLOR ROJO.	-	919,07	50,89	46.775,08	53,51	49.180,83	- 2.405,75

Tabla 6: Resumen modificados escenario previsto, unidades de obra añadidas y eliminadas (Fuente: elaboración propia)

5.2.5.1. Cambios puntuales en partidas existentes

En este apartado se han introducido cambios puntuales en las partidas ya existentes, ya que tras analizar la descomposición de precios se han identificado elementos que encarecían considerablemente el coste de las mismas.

Modificación de escollera:

Para la ejecución de la escollera se propone emplear piedra basáltica en lugar de la piedra caliza debido a su mayor resistencia y la posibilidad de reducir el precio de ejecución en un mínimo de 6 €/m².

Relleno trasdós muro encauzamiento:

En esta partida se propone sustituir el material seleccionado por material adecuado o tolerable procedente de préstamos, ya que es igual de válido para el relleno y disminuye el precio de la unidad.

A continuación, se muestra una tabla que compara los resultados de ambas unidades ligeramente modificadas con las existentes en el escenario anterior.

	Código	Unidad	Descripción	Medición Proyecto	Medición Actual	Venta		Coste		Beneficio
						Precio Unitario de Venta	Importe de Venta	Coste Total Unitario	Importe Total	
ESCENARIO ACTUAL	610.500	m ³	ESCOLLERA HORMIGONADA (30% HORMIGÓN Y 70% ESCOLLERA) CON PIEDRA CALIZA DE ENTRE 200 Y 900 KG CON PARAMENTO VISTO REJUNTEADO. TOTALMENTE COLOCADA	1.676,54	1.676,54	75,61	126.759,57	73,50	123.223,35	3.536,22
ESCENARIO PREVISTO	610.500	m ³	ESCOLLERA HORMIGONADA (30% HORMIGÓN Y 70% ESCOLLERA) CON PIEDRA BASÁLTICA CON PARAMENTO VISTO REJUNTEADO. TOTALMENTE COLOCADA	1.676,54	1.676,54	73,30	122.897,09	66,93	112.209,42	10.687,67
ESCENARIO ACTUAL	332.110	m ³	RELLENO TRASDÓS DE OBRA DE FÁBRICA O MURO CON MATERIAL SELLECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMOS, EXTENDIDO EN TONGADAS, COMPACTADO MEDIANTE PISTÓN VIBRANTE, INCLUSO HUMECTACIÓN.	1.110,00	1.110,00	15,00	16.645,45	14,74	16.361,67	283,78
ESCENARIO PREVISTO	332.110	m ³	RELLENO TRASDÓS DE OBRA DE FÁBRICA O MURO CON MATERIAL TOLERABLE PROCEDENTE DE PRÉSTAMOS, EXTENDIDO EN TONGADAS, COMPACTADO MEDIANTE PISTÓN VIBRANTE, INCLUSO HUMECTACIÓN.	1.110,00	1.110,00	15,00	16.645,45	10,87	12.068,96	4.576,49

Tabla 7: Resumen modificados escenario previsto, unidades de obra añadidas y eliminadas (Fuente: elaboración propia)

5.2.6. Resultado

Tras ajustar considerablemente los costes de ejecución y los costes indirectos, además de introducir las modificaciones pertinentes, se consigue subsanar el resultado negativo del escenario anterior y obtener un beneficio total de 121.441,40 euros.

BENEFICIO TOTAL:	118.279,14
------------------	------------

5.2.7. Valoración del resultado

Tras remediar las pérdidas del escenario anterior provocadas principalmente por las partidas de acero, se consigue superar la barrera de las pérdidas y situarse en unas ganancias de entorno a los 120.000 euros.

Como se ha observado en la tabla que se incluye en el apartado anterior, los modificados introducidos también suponen una mejora en el resultado al comparar dichos resultados con los de las partidas existentes en el escenario actual.

Este margen de beneficio mejora considerablemente respecto al escenario anterior, sin embargo, todavía se debería tratar de ajustar los costes de algunas partidas con tal de seguir optimizando el resultado para el escenario siguiente.

En primer lugar, se observa que la barandilla elegida en el proyecto, además de no ser la más adecuada para las características del puente, su ejecución provoca pérdidas a la empresa constructora. Al tratarse de un elemento de equipamiento es algo sencillo de sustituir por otro diseño, por lo que la empresa deberá tratar de encontrar una alternativa mejor para este elemento.

Por otro lado, con tal de disminuir los costes indirectos, la empresa constructora contemplará la opción de acortar el plazo de ejecución, por lo que se deberá elaborar un nuevo programa de trabajo, además de tratar de modificar algunas partidas con tal de agilizar el proceso de construcción.

5.3. Escenario Óptimo

En este escenario se tendrán en cuenta los cambios más favorables para la Empresa Constructora, siendo su aprobación menos probable. El beneficio calculado para este escenario es el más alto posible, el cual se obtendrá en el caso de que se consiga llevar a cabo lo estipulado en los puntos siguientes. Las decisiones tomadas en este apartado se añaden a los supuestos que se han tenido en cuenta en los puntos anteriores.

5.3.1. Plazo de obra

En este escenario se contempla la posibilidad de finalizar la obra en un plazo total de 10 meses. Para ello habría que realizar un nuevo programa de trabajos que se ajuste a los cambios planteados, los cuales pretenden agilizar la construcción, con tal de reducir un mes más la ejecución de la obra.

5.3.2. Costes Indirectos

En consecuencia a la reducción del plazo de obra a 10 meses, los Costes Indirectos también mermarán proporcionalmente al nuevo plazo adoptado.

Por ello, dicho coste desciende a **262.400.00 €** suponiendo así un 12,85%.

5.3.3. Costes de Ejecución

En este escenario se toman unos nuevos coeficientes, correspondientes al máximo ajuste de precios posible, representando así el mínimo coste en cada unidad de obra que la Empresa Constructora podría llegar a conseguir, en el mejor de los casos, mediante acuerdos con los proveedores y subcontratistas. Se cree que se podrá obtener una pequeña mejora de los costes de ejecución en las partidas de firmes y explanadas y en la gestión de residuos.

Los coeficientes planteados para este escenario son los siguientes:

familia	coeficiente
Aceros	0,79
Hormigones	0,85
Demoliciones	0,78
Movimientos de tierra	0,69
Cimentación	0,84
Firmes y explanadas	0,93
Seguridad y Salud	1
Gestión de Residuos	0,92
Acabados	0,87
Equipamiento	0,88
Modificado 3	0,8
Modificado 4	0,84
Resto de Unidades	0,88196295

Tabla 6: Coeficientes agrupados por familias (Fuente: elaboración propia)



Figura 7: Barandilla de acero inoxidable modelo Pertuisane (Fuente: Urban-nt)

5.3.4. Mediciones

En este escenario no se modifican las mediciones, ya que los posibles cambios de las mismas ya se han tenido en cuenta en los otros dos escenarios.

5.3.5. Modificados

Para este escenario la Empresa Constructora propone una serie de modificaciones, las cuales deberán ser aprobadas por la Administración. Las modificaciones estudiadas son las siguientes:

Barandilla:

Se propone sustituir la barandilla existente por una barandilla de acero inoxidable modelo *Pertuisane* de la marca *Urban-nt*.

Esta opción pretende ser más estética y liviana a la vista, proporcionando una mejor integración con el entorno que la existente en el proyecto, la cual presenta una distancia entre barrotes de 10 cm y crea una visión muy cargada.

Estudio económico para la ejecución de las obras de construcción del puente de Astiñete sobre el río Urumea en el término municipal de San Sebastián (Guipúzcoa)

La tabla siguiente presenta la comparación de resultados entre la barandilla empleada en el escenario previsto y el modificado empleado para el escenario óptimo.

Código	Unidad	Descripción	Medición Proyecto	Medición Actual	Venta		Coste		Beneficio
					Precio Unitario de Venta	Importe de Venta	Coste Total Unitario	Importe Total	
705.200	ml	BARANDILLA METÁLICA FORMADA POR BARROTERA VERTICAL PARA UNA ALTURA DE 1,10 M. EL PRECIO DE LA UNIDAD INCLUYE LA BARANDILLA DE GEOMETRÍA DEFINIDA EN PLANOS DE PROYECTO, SISTEMA DE ANCLAJE DEFINIDO EN PLANO, COLOCACIÓN ASÍ COMO CUALQUIER ELEMENTO AUXILIAR, MATERIAL O MAQUINARIA NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LA UNIDAD.	252,89	258,68	72,61	18.783,49	73,19	18.931,73	- 148,24
MODIFICADO.03	ml	BARANDILLA DE ACERO INOXIDABLE MODELO PERTUISANE DE MARCA URBAN-NT, INCLUSO COLOCACIÓN, ANCLAJE Y ELEMENTOS AUXILIARES.	252,89	258,68	78,54	20.316,73	71,61	18.524,70	1.792,03

Tabla 7: Resumen modificado de la barandilla escenario óptimo, unidad de obra añadida y eliminada (Fuente: elaboración propia)

Pavimento prefabricado *PlasticRoad*:

Para la ejecución de la acera y carril bici, del tramo aguas abajo, se propone emplear un diseño innovador y sostenible compuesto por módulos prefabricados hechos de material reciclado, mayoritariamente plásticos.

Estos módulos cuentan con una mayor ligereza, durabilidad y su fácil instalación conllevarán a una agilización del proceso constructivo. Además de ser una propuesta concienciada con el medio ambiente y la transición ecológica en los procesos de construcción, también se pretende reducir los costes de ejecución debido a la sustitución de la losa prefabricada de hormigón y el pavimento de caucho existentes en el proyecto. La esperanza de vida esperada de este pavimento prefabricado triplica la de los materiales convencionales, además de ser un material cuatro veces más ligero y 100% reciclable.

El tramo propuesto para realizar dicha modificación en el pavimento es el tramo situado aguas abajo, como se muestra en la siguiente figura.

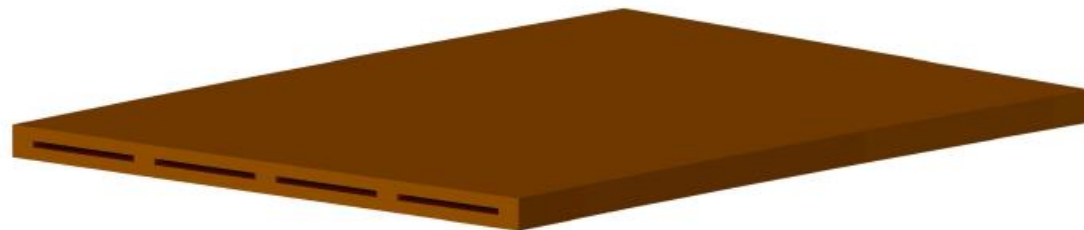


Figura 8: Elemento prefabricado de materiales reciclados (Fuente: elaboración propia)

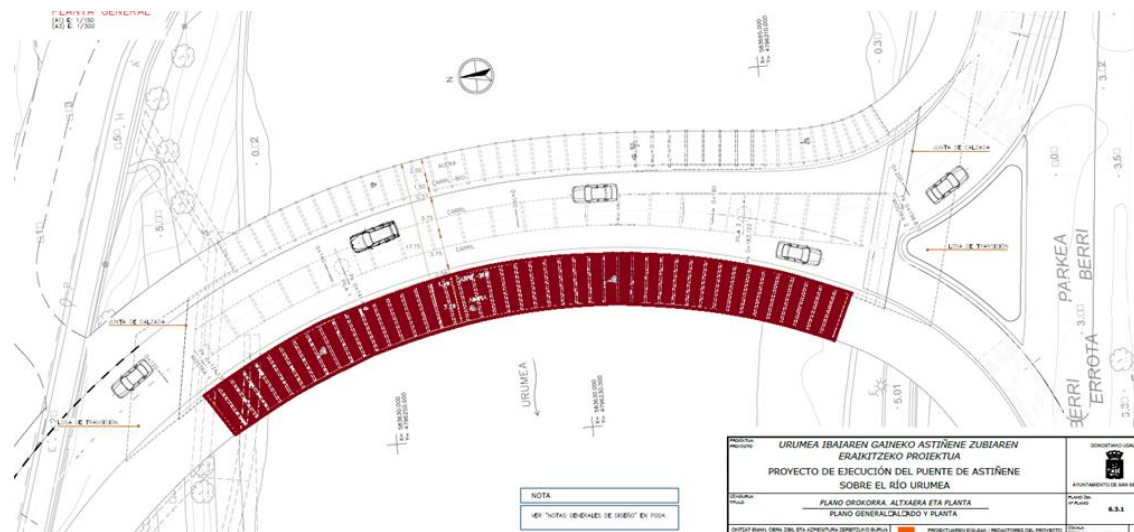


Figura 9: Planta general con modificación del carril bici en el tramo señalado (Fuente: elaboración propia)

5.3.6. Resultado

El beneficio total obtenido en este escenario tras realizar las modificaciones oportunas es de 147.909,85 euros.

BENEFICIO TOTAL:	145.385,99
------------------	------------

5.3.7. Valoración del resultado

Mediante todas las modificaciones realizadas en este escenario se logra alcanzar un ligero aumento en el beneficio.

Sin embargo, aún existe un amplio rango de mejora, ya que varias de las partidas siguen provocando pérdidas para la empresa constructora, debido a su alto coste de ejecución. Este resultado muestra un alto realismo en el estudio económico, ya que en numerosas ocasiones será inevitable que algunas partidas supongan pérdidas para la empresa constructora. Con tal de contrarrestar los resultados negativos, la empresa deberá tratar de aumentar el margen de beneficios con las unidades de obra cuyos costes de ejecución sean menor.

6. Conclusiones

Para concluir se muestra una tabla resumen y dos gráficos de los resultados obtenidos en los diferentes escenarios. Se observa como el importe de venta total disminuye escenario a escenario, del mismo modo que el beneficio mejora, pasando de una cifra negativa para la empresa en el escenario actual hasta un posible beneficio de 145.385,99 euros en el escenario óptimo.

	Venta total	Beneficio total
Escenario Actual	2.397.804,64 €	- 84.994,80 €
Escenario Previsto	2.364.631,17 €	118.279,14 €
Escenario Óptimo	2.227.016,06 €	145.385,99 €

Figura 7: Resumen de resultados de los tres escenarios (Fuente: elaboración propia)

El mayor cambio en el resultado se consigue entre el escenario actual y el previsto, ya que al comienzo del proceso la empresa se enfrenta a unas pérdidas de 81.138,47 euros. Tras realizar los cambios oportunos mencionados anteriormente la empresa supera la barrera de las pérdidas y se sitúa en un beneficio de 122.772,40 euros, cuya cifra se puede considerar elevada considerando el presupuesto y envergadura de la obra.

Como se ha visto en los apartados anteriores, la empresa constructora debe potenciar las unidades de obra con las que obtiene beneficio, con tal de subsanar las pérdidas de las partidas cuyo resultado no es positivo, ya que resulta poco probable poder ajustar todas las partidas de tal forma que todas produzcan ganancias.

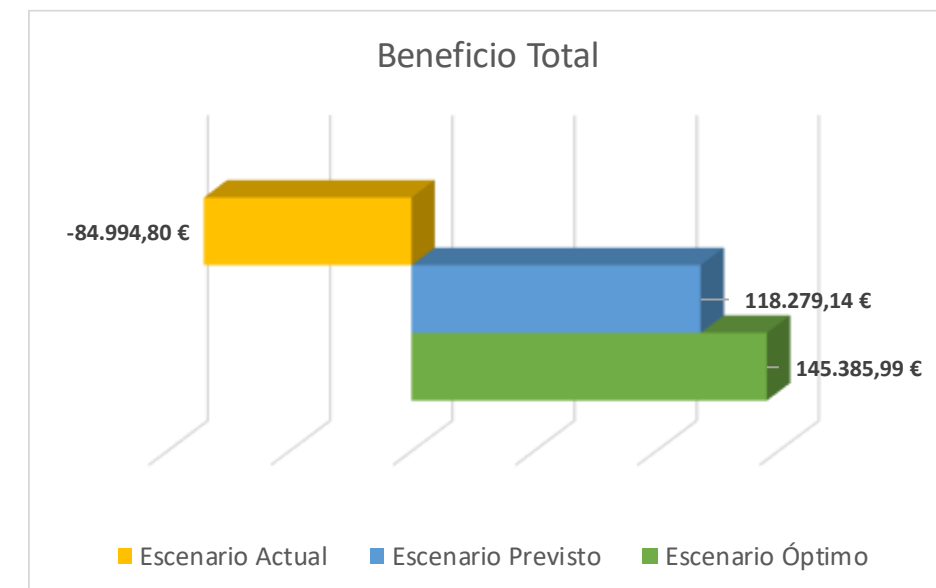


Gráfico 1: Beneficio total de los tres escenarios (Fuente: elaboración propia)

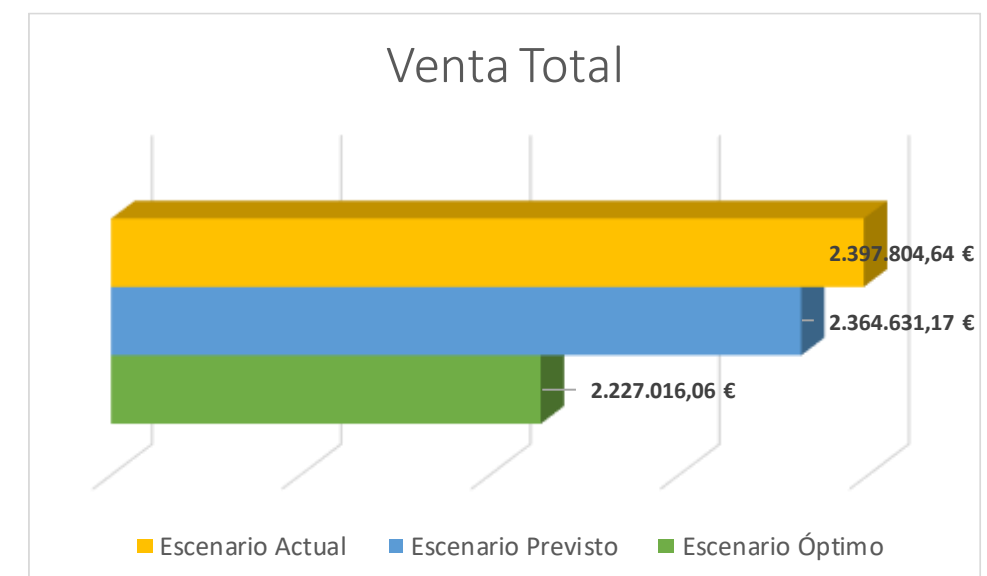


Gráfico 2: Venta total de los tres escenarios (Fuente: elaboración propia)

Tras simular el proceso al que se enfrenta la Empresa Constructora previo al inicio de las obras se observa la importancia de realizar este estudio económico, cuyo objetivo es mejorar el resultado total de la obra.

Al tratarse de una obra de poca envergadura, los costes indirectos suponen un alto porcentaje del coste total, por lo que el plazo de la obra es un factor muy influyente en el resultado de esta obra. Por ello se ha intentado reducir la duración escenario a escenario con tal de disminuir el porcentaje que los costes indirectos suponen sobre los costes directos, ya que de este modo el coste de ejecución disminuye proporcionalmente.

En cuanto a los costes directos, la empresa constructora debe analizar las unidades de obra en la que residan las mayores pérdidas o las que tengan el menor margen de beneficios y tratar de mejorarlas, como se ha visto a lo largo de la aplicación práctica.

Los gastos generales de la empresa se obtienen mediante un porcentaje fijo para cada obra que se aplica al importe de venta. Por ello, el coste parcial y total variará según varía la venta.

Bibliografía

1. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Procedimientos de Construcción (2º GIOP)
2. Jiménez Ayala, Jaime; Clemente Tirado, Juan José. *MAPGIC Apuntes Administración y Gestión de Obras (II)*. Editorial Tirant lo Blanch. (2015)
3. Barón Escamilla, Carlos. *Gestión de Obras* (2012)
4. Boquera Pérez, Pascual. *Planificación y control de empresas constructoras*. Editorial Universitat Politècnica de València. (2015)
5. LKS Ingeniería, S.Coop; Ingeniería Zero, S.L. *Proyecto de ejecución del puente de Astiñete sobre el río Urumea*. (2015)